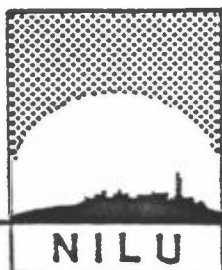


NILU  
Teknisk notat nr 2/75  
Referanse: E0-2-18.72  
Dato: November 1974

PROGRAM KILDER  
Beregning av spredning fra  
punktkilder og volumkilder.  
Programbeskrivelse og brukerveiledning  
av  
Jørgen Schjoldager



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING

Postboks 130 - 2001 Lillestrøm

NILU  
Teknisk notat nr 2/75  
Referanse: EO-2-18.72  
Dato: November 1974

PROGRAM KILDER  
Beregning av spredning fra  
punktkilder og volumkilder.  
Programbeskrivelse og brukerveiledning  
av  
Jørgen Schjoldager

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING  
POSTBOKS 115, 2007 KJELLER  
NORGE



INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1 <u>INNLEDNING</u> .....	5
2 <u>TEORETISK BAKGRUNN</u> .....	6
2.1 <u>Spredningsformel</u> .....	6
2.2 <u>Stabilitetsklasser og spredningsparametre</u> .....	8
2.3 <u>Beregning av effektiv utslippshøyde</u> .....	10
2.4 <u>Volumkilder</u> .....	12
2.5 <u>Sektormidling</u> .....	13
2.5.1 <u>Punktkilder</u> .....	13
2.5.2 <u>Volumkilder</u> .....	14
3 <u>OPPBYGNING AV PROGRAMMET</u> .....	16
3.1 <u>Utslippsdata</u> .....	17
3.2 <u>Meteorologiske data</u> .....	19
3.3 <u>Beskrivelse av de enkelte program-</u> <u>delene</u> .....	20
3.3.1 <u>PROGRAM KILDER</u> .....	20
3.3.2 <u>SUBROUTINE_PIPE</u> .....	20
3.3.3 <u>SUBROUTINE_KONVERT</u> .....	20
3.3.4 <u>SUBROUTINE_DIFF</u> .....	20
3.3.5 <u>SUBROUTINE_KART</u> .....	21
3.3.6 <u>SUBROUTINE_CMAKS</u> .....	21
4 <u>BESKRIVELSE AV DATAKORT</u> .....	21
5 <u>EKSEMPEL PÅ BRUK</u> .....	27
6 <u>REGNETID</u> .....	32
7 <u>LITTERATURLISTE</u> .....	33
 BILAG A <u>Symbolliste</u> .....	 34



BESKRIVELSE AV ET PROGRAM FOR BEREGNING  
AV SPREDNING FRA PUNKTKILDER OG VOLUMKILDER

1 INNLEDNING

Denne rapporten beskriver et regnemaskinprogram til bruk for spredningsberegninger basert på en gaussisk spredningsmodell. Programmet beregner konsentrasjoner i et horisontalplan i vilkårlig høyde over bakken og skriver ut disse i et rutenett med vilkårlig målestokk.

Programmet kan behandle punktkilder og sylinderformete volumkilder samtidig, og bidraget fra hver enkelt kilde summeres.

Modellen er kvasi-stasjonær, dvs. en betrakter en serie påfølgende stasjonære meteorologiske situasjoner, som hver er karakterisert ved konstant vind og stabilitet for hele området. En forutsetter fullstendig utlufting mellom hver situasjon. Derved blir konsentrasjonen i et tidsintervall uavhengig av konsentrasjonen i foregående tidsintervall.

---

Spredningen gjelder en inert gass. Mulige kjemiske reaksjoner er altså ikke inkludert i modellen.

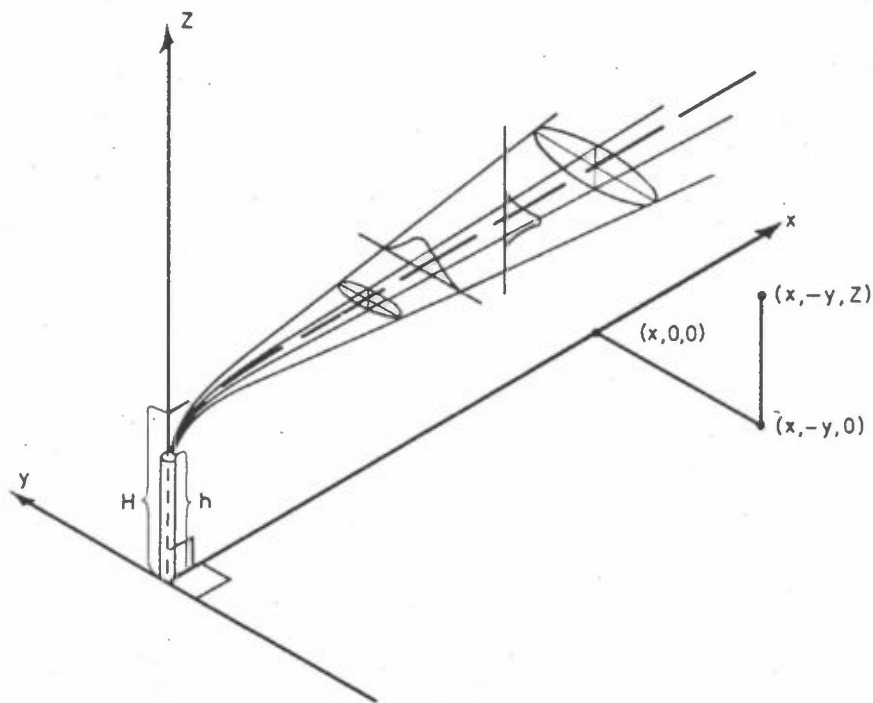
Deler av programmet er opprinnelig utviklet ved Forsvarets forskningsinstitutt (FFI), men er modifisert en god del.

## 2 TEORETISK BAKGRUNN

En vil i dette kapitlet kort redegjøre for det formel-  
apparatet som ligger til grunn for programmet.

### 2.1 Spredningsformel

Spredningen fra punktkildene beskrives av en sprednings-  
formel der det antas at konsentrasjonen er normalfordelt  
vertikalt og horisontalt vinkelrett på transportretningen.  
Slik spredning er godt beskrevet i litteraturen (1).  
Figur 1 viser spredningen fra en enkelt punktkilde.



Figur 1: Spredning fra punktkilde (1).

Konsentrasjonen i et punkt  $(x,y,z)$  er gitt av formelen:

$$q = \frac{Q}{2\pi \sigma_y \sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[ \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] \quad (2.1)$$

Betydningen av de enkelte symbolene er forklart i symbol-lista, bilag A.

Koordinatsystemet er valgt slik at middelvindretningen er langs x-aksen og kildens basis ligger i origo, se figur 1.

Likning (2.1) forutsetter fullstendig refleksjon fra bakken. Andre spredningsformler tar med hel eller delvis refleksjon fra bakken, fra et inversjonssjikt og også fra eventuelle dalsider (2). Slike formler likner i prinsippet på (2.1), men består av et en serie eksponentialledd (teoretisk et uendelig antall). Slik programmet virker nå kan en ta med refleksjon fra bakke og inversjonssjikt.

Behandlingen av volumkilder er noe forskjellig fra behandlingen av punktkilder. Dette beskrives nærmere i punkt 2.4.



## 2.2 Stabilitetsklasser og spredningsparametre

En har gått ut fra fire stabilitetsklasser oppgitt av Singer og Smith (3). Disse er noe modifisert av Sivertsen (4) for bedre tilpasning til norske forhold. Stabilitetsklassen "Meget ustabil" er tatt ut og en ny klasse "Lett stabil" satt inn.

Uttrykkene for spredningsparametrene  $\sigma_y$  og  $\sigma_z$  er på følgende form:

$$\sigma_y = A \cdot x^p \quad (2.2)$$

$$\sigma_z = B \cdot x^r \quad (2.3)$$

der A, B, p og r er avhengig av stabilitetsklassen. x er avstanden i meter fra kilden i vindretningen.

En får da følgende stabilitetsklasser:

	$\sigma_y$	$\sigma_z$
1 Ustabil	$0.36 \cdot x^{0.86}$	$0.33 \cdot x^{0.86}$
2 Nøytral	$0.32 \cdot x^{0.78}$	$0.22 \cdot x^{0.78}$
3 Lett stabil	$0.31 \cdot x^{0.74}$	$0.16 \cdot x^{0.74}$
4 Stabil	$0.31 \cdot x^{0.71}$	$0.06 \cdot x^{0.71}$

Valg av stabilitetsklasse skjer på grunnlag av meteorologiske observasjoner, vanligvis vertikal temperaturdifferens og eventuelt vindhastighet. I programmet skjer valg av stabilitetsklasse på én av tre måter:

- a) Stabilitetsklassen leses inn for hver time.
- b) } Stabilitetsklassen beregnes på grunn-
- c) } lag av innleste meteorologiske data på følgende måte:

b) En beregner temperaturdifferensen  $\Delta T/\Delta z$  ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ) ut fra målte temperaturer i forskjellig høyde.

Deretter skjer valg av stabilitetsklasse ut fra følgende:

- |                |   |
|----------------|---|
| 1. Ustabil     | $\Delta T/\Delta z < -0.01$             |
| 2. Nøytral     | $-0.01 \leq \Delta T/\Delta z \leq 0.0$ |
| 3. Lett stabil | $0.0 < \Delta T/\Delta z \leq 0.01$     |
| 4. Stabil      | $\Delta T/\Delta z > 0.01$              |

c) En beregner stabilitetsparameteren  $S$  gitt som (5):

$$S = \frac{10^5}{u_f^2} \frac{\partial \theta}{\partial z} \quad (2.4)$$

Størrelsen  $S$  er et modifisert Richardson-tall. Potensiell temperaturdifferens  $\partial \theta/\partial z$  er gitt ved:

$$\frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{\Delta T}{\Delta z} + 10^{-2} \quad (^{\circ}\text{C}/\text{m}) \quad (2.5)$$

Fri vind  $u_f$  er vindhastigheten like over friksjonslaget (5). Slik programmet virker nå, settes fri vind lik den innleste vindhastighet, som er representativ for hele området i et tidsintervall.

Når  $S$  er beregnet, skjer valg av stabilitetsklasse på grunnlag av følgende (5):

- |                |                    |
|----------------|--------------------|
| 1. Ustabil     | $S < 0$            |
| 2. Nøytral     | $0 \leq S \leq 10$ |
| 3. Lett stabil | $10 < S \leq 50$   |
| 4. Stabil      | $S > 50$           |

### 2.3 Beregning av effektiv utslippshøyde

Den effektive utslippshøyden H i likning (2.1) er lik:

$$H = h + \Delta h - k h_{ij}$$

Beregning av overhøyde  $\Delta h$  skjer ut fra et sett overhøydeformler avhengig av kildestørrelse og stabilitet.

Kildestørrelsen bestemmes på grunnlag av varmeutslippet  $Q_H$  gitt i cal/s:

$$\begin{aligned} \text{Små kilder} & : Q_H < 2 \cdot 10^5 \text{ cal/s} \\ \text{Middels kilder} & : 2 \cdot 10^5 \leq Q_H \leq 7 \cdot 10^6 \text{ cal/s} \\ \text{Store kilder} & : Q_H > 7 \cdot 10^6 \text{ cal/s} \end{aligned}$$

Varmeutslippet beregnes ut fra temperaturdifferensen gass/luft ( $T_s - T$ ) volumstrømmen  $Q_V$  ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ ):

$$Q_H = 0.0863 Q_V (T_s - T) \quad (2.7)$$

Faktoren 0.0863 fremkommer når en antar at røykgassene har molvekt og spesifikk varme som for luft, henholdsvis 29 kg/kmol og 0.24 kcal/kg °C):

$$\frac{29 \cdot 0.24 \cdot 1000}{22.4 \cdot 3600} = 0.0863 \left[ \frac{\text{cal h}}{\text{Nm}^3 \text{ s } ^\circ\text{C}} \right] \quad (2.8)$$

Valg av overhøydeformler er følgende:

Ustabil og nøytral atmosfære:

Holland's formel for små kilder.

Stümke's formel for middels og store kilder.

Lett stabil og stabil atmosfære:

Briggs' formel for alle kildestørrelser.

Formlene ser slik ut (6)

Holland's formel:

$$\Delta h = \frac{1}{u} \left[ 1.5 d v_g + 4 \cdot 10^{-5} Q_H \right] \quad (2.9)$$

Stümke's formel:

$$\Delta h = \frac{1}{u} \left[ 1.5 d v_g + 65 d^{3/2} \left( \frac{T_s - T}{T_s} \right)^{1/4} \right] \quad (2.10)$$

Brigg's formel:

$$\Delta h = 2.9 \left( \frac{F}{u s} \right)^{1/3} \quad (2.11)$$

$$s = \frac{g}{T} \frac{\partial \theta}{\partial z} \quad F = g v_g \frac{d^2}{2} \frac{T_s - T}{T_s} \quad (2.12) \quad (2.13)$$

Dersom temperaturdifferensen ( $T_s - T$ ) er mindre enn eller lik null, settes overhøyden  $\Delta h$  lik null.

Av likning (2.12) ser en at potensiell temperaturdifferens ( $\partial \theta / \partial z$ ) inngår i Briggs' overhøydeformel, som brukes ved lett stabil og stabil atmosfære. Dersom stabilitetsklassen leses inn for hver time (punkt a) side 8), får en ikke beregnet  $\partial \theta / \partial z$  som beskrevet i likning (2.5). En har da valgt å sette:

$$\begin{aligned} \text{Lett stabil} & : \quad \partial \theta / \partial z = 0.02 \text{ } ^\circ\text{C/m} \\ \text{Stabil} & : \quad \partial \theta / \partial z = 0.04 \text{ } ^\circ\text{C/m} \end{aligned}$$

En har også i programmet lagt inn en metode til å ta hensyn til at forskjellige punkter i området har forskjellig høyde over havet. Dette gjøres ved å lese inn høyden over havet ( $h_{ij}$ ) i alle punktene der konsentrasjonen skal beregnes, og å redusere den effektive utslippshøyden  $H$  med et ledd  $k \cdot h_{ij}$ , der  $k$  har en verdi mellom 0 og 1. Dersom en ikke ønsker å bruke denne metoden, settes  $k = 0$ .

## 2.4 Volumkilder

Beregning av spredning fra volumkilder skjer i prinsippet på samme måte som spredning fra punktkilder, men med en del viktige modifikasjoner.

For enkelhets skyld antar en kilden sylinderformet med diameter  $b$  og høyde  $h$ . For spredning vinkelrett på vindretningen innfører en virtuelle utslippspunkter i avstanden  $x_y$  og  $x_z$  bak volumkildens sentrum. De to avstandene  $x_y$  og  $x_z$  er gitt av følgende uttrykk:

$$\sigma_y = A x_y^p = \frac{b}{4.3} \quad (2.14)$$

$$\sigma_z = B x_z^r = \frac{h}{4.3} \quad (2.15)$$

Tallet 4.3 er valgt fordi konsentrasjonen i en avstand  $2.15 \cdot \sigma$  fra  $x$ -aksen har avtatt til 1/10 av konsentrasjonen på  $x$ -aksen (1).

Ved å løse likningene ovenfor får en:

$$x_y = \left( \frac{b}{4.3 A} \right)^{\frac{1}{p}} \quad (2.16)$$

$$x_z = \left( \frac{h}{4.3 B} \right)^{\frac{1}{r}} \quad (2.17)$$

En beregner deretter spredningsparametrene  $\sum_y$  og  $\sum_z$  gitt som:

$$\sum_y = A (x + x_y)^p \quad (2.18)$$

$$\sum_z = B (x + x_z)^r \quad (2.19)$$

En lar  $\sum_y$  og  $\sum_z$  erstatte  $\sigma_y$  og  $\sigma_z$  i uttrykket for spredningsformelen, likning (2.1), og formelen kan da brukes for spredning fra volumkilder. Utslippshøyden  $H$  settes lik  $h/2$ .

Da  $b$  og  $h$  prinsipielt varierer fra kilde til kilde, vil  $x_y$  og  $x_z$  også variere fra kilde til kilde.  $x_y$  og  $x_z$  vil også variere med stabilitetsklassen.

For beregning av konsentrasjonen i et punkt inne i kilden har en valgt følgende enkle framgangsmåte. En setter konsentrasjonen i et punkt  $(x,y)$  inne i kilden lik konsentrasjonen i randpunktet i  $l\acute{e}$  med samme  $y$ -koordinat som punktet inne i kilden. Dette punktets  $x$ -koordinat, som nyttes i likning 2.8 og 2.19, kalles  $x^1$  og blir lik

$$x^1 = \sqrt{(b/2)^2 - y^2} \quad (2.20)$$

## 2.5 Sektormidling

Ved beregning av langtidsmiddelverdier foretar en gjerne midling av konsentrasjonene langs et sirkelsegment i en sektor.

### 2.5.1 Punktkilder

For punktkilder har en valgt fremgangsmåten angitt av Turner (1). Dersom en i alt har  $N$  sektorer, har hver en vinkel  $v = 2\pi/N$ . I en avstand  $l$  fra kilden er buelengden  $2\pi l/N$ . Dersom utslippet tenkes fordelt bare over én sektor, er middelkonsentrasjonen  $\bar{q}$  over buelengden gitt av uttrykket:

$$\int_{-\infty}^{\infty} q \, dy = \bar{q} \frac{2\pi l}{N} \quad (2.21)$$

Avstanden ( $l$ ) fra kilden til punktet en betrakter er gitt ved  $l = \sqrt{x^2 + y^2}$  dersom punktet har koordinater  $(x,y)$ . Uttrykket for  $q$  er da gitt av likning (2.1).

Ved å utføre integrasjonen og gjøre bruk av at

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_y} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) dy = 1 \quad (2.22)$$

får en følgende uttrykk for  $\bar{q}$ :

$$\bar{q} = \frac{Q}{2\pi \sigma_z \frac{\sqrt{2\pi} \ell}{N} u} \left[ \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] \quad (2.23)$$

En ser at likning (2.23) likner svært på likning (2.1). Ved å sette

$$\sigma_y = \frac{\sqrt{2\pi} \ell}{N} \quad \text{og } y = 0 \quad (2.24)$$

blir likning (2.1) lik likning (2.23).

### 2.5.2 Volumkilder

Når en har volumkilder og sektormidling vil avstanden til det virtuelle utslippspunktet for horisontalspredning  $x_y$  være bestemt av sektorens bredde og kildens diameter, se figur 2.

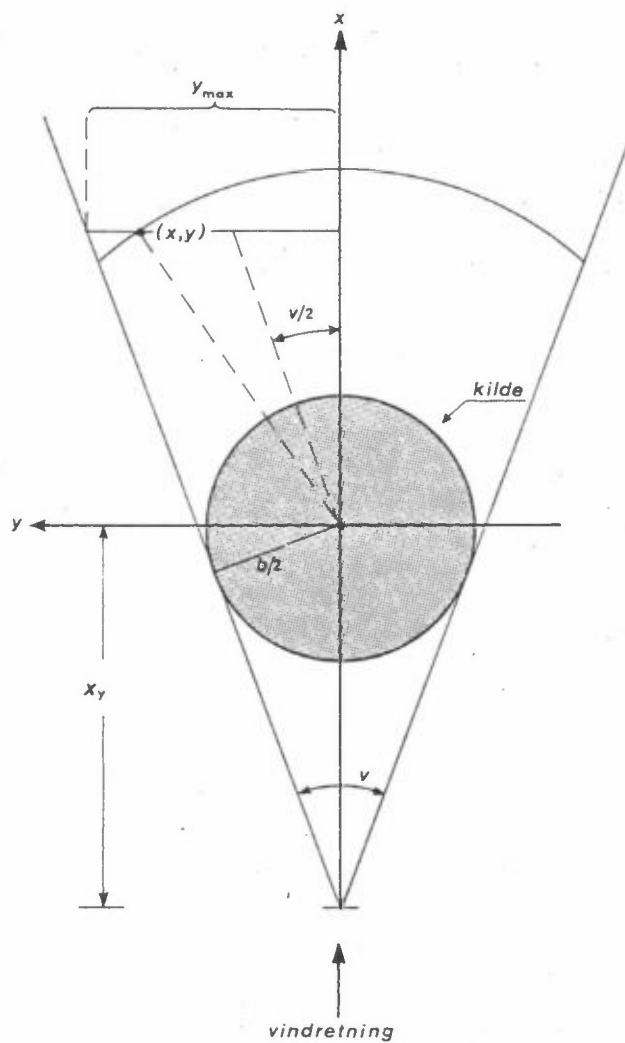
En får:

$$x_y = \frac{b}{2 \sin v/2} \quad (2.25)$$

$x_z$  får samme verdi som tidligere.

Avstanden fra et punkt (x,y) til den virtuelle kilden  $\ell^1$  er i programmet satt lik:

$$\ell^1 = \sqrt{x^2 + y^2} + x_y \quad (2.26)$$



Figur 2: Volumkilde sett ovenfra. Konsentrasjonsmidling over en sektor med vinkel  $v$ .



En ser at dersom  $b = 0$ , blir  $x_y = 0$  og  $l^1 = l$ . Ved å velge  $l^1$  som i uttrykket ovenfor, vil alle punkter i samme avstand fra kilden få samme  $l^1$ .

For å bestemme om et punkt  $(x,y)$  ligger innenfor den aktuelle vindsektoren, beregner en  $y_{\max}$  (se figur 2):

$$y_{\max} = x \operatorname{tg} v/2 + b/(2 \cos v/2) \quad (2.27)$$

Dersom  $y_{\max} \geq |y|$  er punktet  $(x,y)$  innenfor sektoren. Sektorgrensen regnes altså med til sektoren. Likning (2.27) gjelder også for punktkilder. For punktkilder har en  $b = 0$ .

### 3 OPPBYGNING AV PROGRAMMET

I beregningene inngår tre forskjellige typer data. Disse tre er

1. Utslippsdata
2. Meteorologiske data
3. Kontrollparametre

En vil her nærmere beskrive utslippsdata og meteorologiske data. En vil også beskrive hvilke beregninger de enkelte delene av programmet utfører. Kontrollparametrene er nærmere omtalt under kapittel 4, BESKRIVELSE AV DATA-KORT.

Oppbygningen av programmet er hentet fra (7), men de enkelte programdelene er modifisert og delvis utvidet.

### 3.1 Utslippsdata

Programmet kan i sin nåværende versjon behandle maksimalt 40 kilder. I prinsippet kan antall kilder være ubegrenset, men i praksis vil datamaskinens lagerkapasitet og regnehastighet være begrensende.

Utslippskildenes navn er lagret i et array NAVN (40).

Utslippskildens koordinater er lagret i et to-dimensjonalt array AKOORD (40,2). Her er AKOORD (I,1) kildens x-koordinat og AKOORD (I,2) kildens y-koordinat.

Koordinatsystemet refererer seg til et rutenett med ruter med sider 2 x 2 cm. Origo er i rutenettets nedre venstre hjørne. Koordinatene x og y blir da avstanden fra origo målt i antall rutesider. Disse behøver ikke være heltall. Rutenettet kan dekke ("legges på") et kart med vilkårlig målestokk. Denne målestokken må leses inn i programmet, se kapittel 4. Antall ruter i x-retningen er lik 14 og i y-retningen lik 24.

De beregnete konsentrasjonene skrives ut i det samme rutenettet.

Utslippsdata for kildene er lagret i det to-dimensjonale array SKORST (40,10). I et element i arrayet SKORST (I,J) er I lik kildenummer og J lik utslippsvariabelnummer. Hver kilde er altså karakterisert ved 10 utslippsvariable. Disse er gitt i tabell 1.

Nr	Navn	Symbol	Benevning
1.	Fysisk kildehøyde	h	m
2.	Overhøyde	$\Delta h$	m
3.	Effektiv utslipps- høyde	H	m
4.	Utslippsmengde	Q	kg/h
5.	Pipediameter punkt- kilde	d	m
6.	Utslippshastighet	$v_g$	m/s
7.	Utslippstemperatur	$t_s$	$^{\circ}\text{C}$
8.	Gassmengde	$Q_V$	$\text{Nm}^3/\text{h}$
9.	Varmeoverskudd	$Q_H$	cal/s
10.	Diameter volumkilde	b	m

Tabell 1: Utslippsdata

Noen av disse variablene gjelder både punktkilder og volumkilder. Dette gjelder h, H og Q. Noen gjelder bare punktkilder, nemlig  $\Delta h$ , d,  $v_g$ ,  $t_s$ ,  $Q_V$  og  $Q_H$ . En variabel gjelder bare volumkilder, nemlig b.

For hver kilde leses følgende variable inn: h, Q, d,  $v_g$ ,  $t_s$  og b. Avhengig om en har punktkilde/volumkilde vil noen av disse være uaktuelle og disse settes da lik null. Det er på denne måten programmet skiller mellom punktkilder og volumkilder.

For punktkilder beregnes gassmengde ( $Q_V$ ) og varmeoverskudd ( $Q_H$ ) på grunnlag av innleste data. Gassmengden  $Q_V$  blir lik

$$Q_V = \frac{\pi d^2}{4} v_g 3600 \frac{273}{T_s} \quad \text{der } T_s = t_s + 273 \quad (3.1)$$

Beregningen av  $Q_H$  er vist i punkt 2.3.

Programmet deler opp de utslippsdata som leses inn, i to typer, nemlig faste og tidsvariable. Slik programmet virker nå er det bare utslippsmengden  $Q$  som er tidsvariabel, de øvrige er faste. Det er imidlertid enkelt å endre programmet slik at også andre innleste utslippsdata blir tidsvariable. De tidsvariable utslippsdata leses inn på tidspunkter bestemt av kontrollparametrene, se kapittel 4.

### 3.2 Meteorologiske data

Programmet leser inn meteorologiske data som varierer fra tidsintervall til tidsintervall, men som representerer hele området innen et tidsintervall.

Vindhastigheten  $u$  heter i programmet VHAST og vindretningen VRETN. Stabilitetsklassen er lik en integer-variabel STAB. I hvert tidsintervall må en også lese inn høyden opp til et inversjonssjikt. Denne avstanden kalles HINV. Denne har betydning dersom en regner med refleksjon fra inversjonssjiktet. Den har også betydning dersom  $H > HINV$  idet den aktuelle kilden da ikke gir konsentrasjonsbidrag i høyder  $z < HINV$ . Dersom en ikke ønsker å ta hensyn til inversjonssjikt i beregningene, kan en lese inn  $HINV = 0$ . Programmet setter da automatisk inversjonshøyden til 1000 m. Dersom  $HINV = 0$  må en også ha at refleksjonsfaktoren fra inversjonssjiktet er lik null.

Som nevnt i punkt 2.2 (side 8) kan valg av stabilitetsklasse skje på tre forskjellige måter. Dersom stabilitetsklassen leses inn, settes bare STAB lik den aktuelle stabilitetsklassen. Dersom stabilitetsklassen velges ut fra vertikal temperaturdifferens, må temperaturen i to punkter leses inn. Disse to punktene har en høydeforskjell DELTAH (m). De to temperaturene TEMP1 og TEMP2 leses inn i hvert tidsintervall og en beregner

$$\frac{\Delta T}{\Delta z} = \frac{TEMP1 - TEMP2}{DELTAH} \quad (^\circ C/m) \quad (3.2)$$

### 3.3 Beskrivelse av de enkelte programdelene

Programmet består av et hovedprogram, PROGRAM KILDER og en del subrutiner. En skal her kort gjennomgå disse.

#### 3.3.1 PROGRAM\_KILDER

Her administreres beregningene. All innlesning av data foregår her, videre utskrift av kontrollparametre, utslippsdata og meteorologiske data og valg av stabilitetsklasse.

#### 3.3.2 SUBROUTINE\_PIPE

Her beregnes overhøyde ( $\Delta h$ ) avhengig av kildestørrelse og stabilitetsklasse, jfr. punkt 2.3. Denne subrutinen gjelder bare punktkilder.

#### 3.3.3 SUBROUTINE\_KONVERT

Her dreies koordinatsystemet slik at origo legges i kildens sentrum, x-aksen langs vindretningen. Her testes også om et gitt punkt er innenfor eller utenfor en gitt sektor, jfr. likning (2.27).

#### 3.3.4 SUBROUTINE\_DIFF

Her beregnes konsentrasjonen i hvert punkt i rutenettet for hver kilde ut fra likning (2.1) med nødvendige modifikasjoner dersom en har volumkilde, sektormidling og/eller refleksjon fra bakke og inversjonssjikt. Dersom det aktuelle punktet ligger bak utslippspunktet (sett langs vindaksen) eller utenfor vindsektoren, kalles ikke DIFF.

### 3.3.5 SUBROUTINE\_KART

Denne subrutinen utfører utskrift av konsentrasjonskart i rutenettet med 2 cm sider. En kontrollparameter (IKART) bestemmer om en bare får middelkonsentrasjonene for hele perioden eller også et kart for hvert tidsintervall. Konsentrasjonen er oppgitt i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 3.3.6 SUBROUTINE\_CMAKS

Denne subrutinen finner det punktet som har høyest middelkonsentrasjon for perioden. Konsentrasjonen i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  og posisjonen trykkes ut.

## 4 BESKRIVELSE AV DATAKORT

### Kort nr 1

Variable : ITITLE (8)

Format : 8A10

Dette kortet brukes til overskrift, som i alt kan være på 80 tegn.

### Kort nr 2

Variable : IOBS, IUTSL, IFTID, IOPT

Format : 4I10

IOBS : Antall tidspunkt for meteorologiske observasjoner.

IUTSL : Antall utslippskilder

Dersom IUTSL = 0 stanser programmet. Dette er den normale måten programmet stanser på.

IFTID : Antall tidsenheter (timer) mellom hver innlesning av tidsvariable utslippsdata. (Meteorologiske data leses inn hver tidsenhet (time).)

Dersom IOBS  $\geq$  IFTID, leses tidsvariable utslippsdata inn bare en gang.

IOPT : Verdien på IOPT avhenger av hvordan stabilitetsklasse velges, jfr. side 8 - 9, der en har oppgitt 3 alternativer; a, b og c.

Alternativ a: IOPT = 1  
Alternativ b: IOPT = 2  
Alternativ c: IOPT = 3

Se forøvrig kort nr 30+IUTSL+1.

### Kort nr 3

Variable : HEIGHT, MALEST, NSEK, IKART

Format : 4I10

HEIGHT : Den høyde over bakken der konsentrasjonene skal beregnes.

MALEST : Målestokk på konsentrasjonskartet som trykkes ut. Dersom kartet skal ha målestokk 1:10 000, settes MALEST = 10 000.

NSEK : Antall sektorer i horisontalplanet, innenfor hvilke en skal foreta konsentrasjonsmidling over sirkelsegmentene. Dersom NSEK = 0 foretas ikke konsentrasjonsmidling.

IKART : Dersom konsentrasjonskart skal trykkes for hvert tidsintervall, settes IKART = 1. Dersom bare kart over middelkonsentrasjonene for hele perioden skal trykkes ut, settes IKART = 0.

Kort nr 4

Variable : ALFA, BETA  
Format : 2F10.1  
ALFA : Refleksjonsfaktor til bakken.  
BETA : Refleksjonsfaktor til inversjonssjikt.

Kort nr 5

Variable : TMID, DELTAH, HFAK  
Format : 3F10.1  
TMID : Midlere lufttemperatur (°C) i perioden.  
Dersom IOPT = 2 eller IOPT = 3 (kort nr 2)  
leses inn TMID = 0.  
DELTAH : Høydeforskjell (m) mellom to punkter for  
temperaturavlesning (se kort 30+IUTSL+1)  
DELTAH brukes bare dersom IOPT = 2 eller  
IOPT = 3. Hvis IOPT = 1 leses inn  
DELTAH = 0.  
HFAK : Reduksjonsfaktor for skorsteinshøyde, se  
kortene 6-29. Dersom en ikke ønsker å  
bruke denne, settes HFAK = 0. Da blir  
kortene 6-29 ikke lest inn, og disse må da  
fjernes fra input-kortene.

Kort nr 6-29

IY = 1, 24:

Variable : (HOYDE (IX,IY) IX = 1, 14)

Format : 14F5.0

Høydekoordinater til hvert gridpunkt i området. Disse  
brukes slik at ved konsentrasjonsberegning i et gitt  
gridpunkt (IX,IY), reduseres den effektive skorsteins-  
høyden med HFAK · HOYDE (IX,IY).

Dersom HFAK= 0 skal kortene 6-29 ikke leses inn.



Kort nr 30-(30+IUTSL)

IQ = 1, IUTSL:

Variable : NAVN (IQ), AKOORD (IQ,I) I = 1, 2,  
SKORST (IQ,1), SKORST (IQ,I) I = 5, 7,  
SKORST (IQ,10)

Format : A10, 2F6.1, 8X, 5F10.1

Her leses inn navn og posisjon til alle utslippskildene,  
samt alle faste utslippsdata.

NAVN (IQ) : Navnet på utslippskilden

AKKORD (IQ,I), I = 1, 2 : Koordinatene til utslipps-  
kilden, først x-koordinaten, deretter  
y-koordinaten. Disse behøver ikke være  
heltall. Origo er i kartets nedre,  
venstre hjørne.

SKORST : Array for utslippsdata, se side 18.

Kort nr 30+IUTSL+1

Her har en to alternativer:

a) Dersom IOPT = 1

Variable : VHASt, VREtN, STAB, HINv, FREK

Format : F6.1, F6.0, 2I6, F6.2

VHASt : Vindhastighet (m/s)

VREtN : Vindretning (grader)

STAB : Stabilitetsklasse, jfr. side 8.

HINv : Inversjonshøyde (m). Dersom en  
setter HINv = 0 setter programmet  
HINv = 1000, se punkt 3.2. Dersom  
en har satt HINv >0, må en også  
ha at HINv > HEIGHT, se kort nr 3.

FREK : Frekvens (i prosent) av denne  
meteorologiske situasjonen. Dersom  
FREK = 0, blir det satt FREK = 100/IOBS,  
dvs. hver observasjon tillegges den  
samme vekt når periodemidlet beregnes.

b) Dersom IOPT = 2 eller IOPT = 3

Variable : VHASt, VREtN, TEMP1, TEMP2, HINv, FREK

Format : F6.1, F6.0, 2F6.1, I6, F6.2

VHASt, VREtN, HINv og FREK har samme betydning som under punkt a).

TEMP1 og TEMP2 er lufttemperaturer i to punkter med en høyde-forskjell DELTAH (kort nr 5). Herav beregnes vertikal temperaturdifferens,  $\Delta T/\Delta z = (TEMP1-TEMP2)/DELTAH$ .

Kort nr (30+IUTSL+2) - (30+2•IUTSL+2)

(antall kort her er altså lik IUTSL)

IC = 1, IUTSL :

Variable : STOFF (IC), SKORST (IC,4)

Format : 10X, A5, F10.1

Her leses inn tidsvariable utslippsdata.

STOFF (IC) : Navn på stoffet som slippes ut.

SKORST (IC,4): Utslippsmengde (kg/h).

Kortene for tidsvariable utslippsdata må ligge i samme rekkefølge som kortene for faste utslippsdata. Dette kan sikres ved å skrive navnet på kilden, NAVN (IC) i de 10 første kolonnene som er ledige.

-----0-----

Etter dette kommer en gjentakelse av de to siste korttypene. Det som bestemmer rekkefølgen er parameteren IFTID. Hver gang en telleparameter IB som følger antall meteorologiske observasjoner IOBS, blir én større enn  $K \cdot IFTID$ ,  $K = 1, 2, \dots$ , leses et nytt sett med tidsvariable utslippsdata inn.

Rekkefølgen blir da denne:

IFTID        datakort med meteorologiske observasjoner

IUTSL        datakort med tidsvariable utslippsdata

IFTID        datakort med meteorologiske observasjoner

IUTSL        datakort med tidsvariable utslippsdata

etc.

Dette fortsetter inntil antall innleste datakort med meteorologiske observasjoner blir lik IOBS. Da går programmet tilbake til start og begynner å lese kort nr 1 på nytt. En kan da starte beregningen på nytt med et annet datasett, eller en kan avslutte som beskrevet under kort nr 2. Normalt avsluttes altså beregningen med to blanke kort som de to siste datakortene.

## 5 EKSEMPEL PÅ BRUK

En vil her vise et enkelt eksempel på bruk av programmet.

En skal beregne konsentrasjonen i bakkenivå av svoveldioksyd sluppet ut fra to kilder, en punktkilde og en volumkilde. Konsentrasjonen skal midles over en periode med fire påfølgende meteorologiske observasjoner. Konsentrasjonene skal skrives ut i et kart i målestokk 1:10 000.

### Utslippsdata

Punktkilde:	Beliggenhet i rutenettet	: x = 11, y = 22
	Pipehøyde	: 30 m
	Pipediameter	: 1.0 m
	Gasshastighet	: 5 m/s
	Temperatur	: 20°C
	Utslippsmengde	: 100 kg/h (konstant)

Volumkilde:	Beliggenhet i rutenettet	: x = 11, y = 17 (kildens sentrum)
	Kildediameter	: 500 m
	Kildehøyde	: 30 m
	Utslippsmengde	: 30 kg/h (konstant)

Av meteorologiske observasjoner foreligger vindstyrke, vindretning og temperatur i to nivåer med 100 m mellomrom. Vindretningen er avlest i sektorer på 30°.

Meteorologiske observasjoner

Obs. nr	Vindstyrke m/s	Vindretning grader	Temp (1) °C	Temp (2) °C
1	2	60	10	12
2	2	30	10	10
3	2	30	10	9
4	2	60	10	8

Datakortene er vist i figur 3.

Utskrift av beregningen er vist i figur 4 og 5. I figur 4 er gjengitt overskriften med utslippsdata, meteorologiske data og kontrollparametre. I figur 5 er vist konsentrasjonskartet. Konsentrasjonene er angitt i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . I figuren er også kildene tegnet inn. Kartet i figur 5 er forminsket slik at målestokken ikke lenger er 1:10 000 slik som angitt på figuren.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SPREDNING	FRA	PUNKTKILDER	OG	VOLUMKILDER.	TESTEKSEMPEL									
4	0	10000	2	4	2									
1.		0.	12											
		100.												
6 PUNKT	11.	22.												
7 VOLUM	11.	17.			30.			1.	5.	20.				
2.	60.	10.	12.		30.									500.
9 PUNKT	502	100.												
10 VOLUM	502	30.												
11	30.	10.	10.											
12	30	10.	9.											
13	60.	10.	8.											
14		Blankt kort												
15		Blankt kort												

Figur 3: Datakort til regne-eksempel.

SPREDNING FRA PUNKTKILDER OG VOLJKILDER. TESTEKSEMPEL.

KONTROLLPARAMETRE: IOBS 4 IUTSL 2 IFTID 4 IOPT 4 HEIGHT 2 MALEST 10000 NSEK 12 IKART 0 HFAK -0 -0.0

ANTALL MET.OBSERVASJONER I HVER PERIODE 4  
 TID MELLOM HVER OBS. AV MET.DATA 1 TIMER  
 TID MELLOM HVER OBS. AV FABRIKKDATA 4 TIMER

ANTALL UTSLIPPSKILDER 2

BAKKENS REFLEKSJONSFAKTOR ALFA = 1.00  
 INVERSJONSHØYDENS REFLEKSJONSFAKTOR BETA = 0.00

BEREGNEDE KONSENTRASJONER ER BAKKONSENTRASJONER

KONSENTRASJONENE ER MIDLET OVER SEKTORER PÅ 30.0 GRADER

HØYDEFORSKJELL MELLOM PUNKTER FOR TEMPERATURMÅLING 100.0 METER

FASTE DATA FOR UTSLIPPSKILDENE

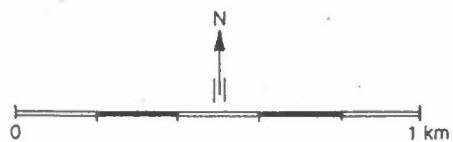
KILDE	NAVN	KOORDINATER	PIPEHØYDE	PIPEDIAM	GASSHAST	GASSTEMP	GASSMENGD	HØYDE	VOLUM	DIAM.	VOLUM
		X Y	M	M	M/S	GRADC	NM <sup>3</sup> /H	M	M	M	M
1	PUNKT	11.0 22.0	30.0	1.00	5.0	20.	13172.				
2	VOLUM	11.0 17.0						30.			500.

FABRIKKDATA (UTSLIPPSDATA)

KILDE NR.	1	OBS.NR.	1	UTSLIPPSMENGD	100.0 KG/H						
KILDE NR.	2	OBS.NR.	1	UTSLIPPSMENGD	30.0 KG/H						
OBS.NR.	1	VINDHAST	2.0 M/S	VINDRETN	60.0 GRADER	DT/DZ	=	-0.020	USTABIL	INV.HØYDE	1000 METER
TILLEGG I	SKORSTEINSHØYDE										
KILDE(1)=	4. METER	KILDE(2)=	0. METER	KILDE(3)=	0. METER	KILDE(4)=	0. METER	KILDE(5)=	0. METER	KILDE(5)=	0. METER
OBS.NR.	2	VINDHAST	2.0 M/S	VINDRETN	30.0 GRADER	DT/DZ	=	0.000	NØYTRAL	INV.HØYDE	1000 METER
TILLEGG I	SKORSTEINSHØYDE										
KILDE(1)=	4. METER	KILDE(2)=	0. METER	KILDE(3)=	0. METER	KILDE(4)=	0. METER	KILDE(5)=	0. METER	KILDE(5)=	0. METER
OBS.NR.	3	VINDHAST	2.0 M/S	VINDRETN	30.0 GRADER	DT/DZ	=	0.010	LETT STABIL	INV.HØYDE	1000 METER
TILLEGG I	SKORSTEINSHØYDE										
KILDE(1)=	20. METER	KILDE(2)=	0. METER	KILDE(3)=	0. METER	KILDE(4)=	0. METER	KILDE(5)=	0. METER	KILDE(5)=	0. METER
OBS.NR.	4	VINDHAST	2.0 M/S	VINDRETN	60.0 GRADER	DT/DZ	=	0.020	STABIL	INV.HØYDE	1000 METER
TILLEGG I	SKORSTEINSHØYDE										
KILDE(1)=	17. METER	KILDE(2)=	0. METER	KILDE(3)=	0. METER	KILDE(4)=	0. METER	KILDE(5)=	0. METER	KILDE(5)=	0. METER

Figur 4: Utskrift av kontrollparametre, utslippsdata og meteorologiske data.

KART OVER MIDLERE KONSENTRASJON AV SO<sub>2</sub> FOR HELE PERIODEN  
MÅLESTOKK 10000



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
24	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
23	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
22	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
21	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	91.	163.	174.	0.	0.	0.	0.
20	0.	0.	0.	21.	27.	36.	50.	73.	174.	195.	0.	0.	0.	0.
19	11.	13.	15.	19.	24.	31.	41.	135.	150.	163.	0.	0.	0.	0.
18	11.	12.	14.	17.	21.	26.	109.	120.	130.	59.	117.	0.	0.	0.
17	10.	11.	13.	15.	18.	89.	139.	153.	167.	117.	117.	117.	0.	0.
16	10.	10.	38.	42.	106.	116.	128.	133.	195.	113.	117.	54.	0.	0.
15	30.	33.	36.	90.	98.	107.	116.	159.	173.	96.	47.	0.	0.	0.
14	29.	32.	77.	84.	91.	98.	132.	142.	76.	36.	38.	0.	0.	0.
13	29.	67.	72.	78.	84.	110.	119.	127.	28.	30.	31.	0.	0.	0.
12	58.	63.	67.	72.	94.	101.	107.	81.	24.	25.	0.	0.	0.	0.
11	55.	59.	63.	81.	86.	92.	69.	72.	21.	22.	0.	0.	0.	0.
10	52.	55.	70.	75.	79.	59.	62.	18.	18.	19.	0.	0.	0.	0.
9	48.	62.	55.	69.	51.	54.	56.	16.	16.	16.	0.	0.	0.	0.
8	55.	59.	51.	45.	47.	49.	51.	14.	14.	0.	0.	0.	0.	0.

PUNKTKILDE

VOLUMKILDE

MAKSIMAL BEREGNET KONSENTRASJON ER 195 MIKROGRAM/M<sup>3</sup> I PUNKTET ( 9, 16)

Figur 5: Utskrift av konsentrasjonskart.



6 REGNETID

Programmets regnetid øker med økende antall kilder (IUTSL) og med økende antall meteorologiske observasjoner (IOBS). På RBK's regneanlegg, CYBER 74, som har tidsdeling, det vil si at flere programmer opereres samtidig, har det ingen mening å snakke om regnetid i konvensjonell betydning. I stedet angir en jobbens størrelse i "bruksenheter" som er en kombinasjon av regnetid, lagerplass og innlesnings- og utskriftsbehov. Antall bruksenheter er grunnlag for kostnadsberegningen. Nedenfor følger to eksempler på bruk av PROGRAM KILDER med tilhørende antall bruksenheter:

IUTSL	IOBS	Bruksenheter
2	4	12.6
52	24	80.6

7 LITTERATURLISTE

- (1) Turner, D.B. Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. U.S. Department of Health, Education and Welfare, National Air Pollution Control Administration 1969.
- (2) Gotaas, Y., Iversland, L.M. A Model of Diffusion in a Valley from a Continuous Point Source. Forsvarets forskningsinstitutt 1971.
- (3) Singer, I.A., Smith, M. Atmospheric Dispersion at Brookhaven National Laboratory. Air & Water Poll. Int. J., Vol. 10 (1966) s. 125-135. Gjengitt i Smith, M.: Recommended Guide for the Prediction of the Dispersion of Airborne Effluents. American Society of Mechanical Engineers, New York 1968.
- (4) Sivertsen, B. Spredningsparametre basert på Brookhaven-data. Internt NILU-notat, 6.8.1974.
- (5) Høgstrøm, U. A Statistical Approach to the Air Pollution Problem of Chimney Emission. Atm. Env. Vol. 2 (1968), s. 251-271.
- (6) Briggs, G.A. Plume Rise. US Atomic Energy Commission, Division of Technical Information 1969.
- (7) Hauan, Ø. Spredning av gassformig materiale fra punktkilder. Forsvarets forskningsinstitutt 1968.

BILAG A

SYMBOLLISTE

Denne lista er ikke komplett når det gjelder FORTRAN-symboler. En del av de som ikke er nevnt nedenfor, er kontrollparametre som er beskrevet i kapittel 4, eller de er rene hjelpevariable.

Symbol	FORTRAN-symbol	Betydning	Benevning
A	SIGA	} Sprednings- koeffisienter	
B	SIGE		
b	SKORST (I,10)	Diameter volumkilde	m
d	SKORST (I,5)	Diameter punktkilde	m
F	F	Overhøydeparameter	
g	GRAV	Tyngdens akselerasjon	m/s <sup>2</sup>
h	SKORST (I,1)	Kildehøyde	m
Δh	SKORST (I,2)	Overhøyde	m
h <sub>ij</sub>	HOYDE	Høydekoordinater	m
H	SKORST (I,3)	Effektiv utslipps- høyde	m
k	HFAK	Høydekoeffisient	
ℓ, ℓ <sup>1</sup>	XNY	Avstand til kilde	m
N	NSEK	Antall vindsektorer	
P	P	Spredningskoeffisient	
q, q̄	AKONS	Konsentrasjon	μg/m <sup>3</sup>
Q	SKORST (I,4)	Utslippsmengde	kg/h
Q <sub>H</sub>	SKORST (I,9),QH	Varmeutslipp	cal/s
Q <sub>V</sub>	SKORST (I,8)	Gassmengde	Nm <sup>3</sup> /h

Symbol	FORTRAN-symbol	Betydning	Benevning
r	R	Spredningskoeffisient	
S	SPAR	Stabilitetsparameter	
s	S	Overhøydeparameter	
$\Delta T$	DELTAT	Temperaturdifferens	$^{\circ}\text{C}$ , $^{\circ}\text{K}$
$t_s$ , $T_s$	SKORST (I,7), TGASS	Utslipps- temperatur	$^{\circ}\text{C}$ , $^{\circ}\text{K}$
t, T	TMID, TEMPl, TEMP2	Lufttemperatur	$^{\circ}\text{C}$ , $^{\circ}\text{K}$
u	VHAST, UMID	Vindhastighet	m/s
$u_f$		Fri vindhastighet	m/s
$v_g$	SKORST (I,6)	Gasshastighet	m/s
v	SEKT	Sektorvinkel	
x, $x^1$	X, XNY	Koordinat langs vindretning	m
y, $y_{\max}$	Y, YNY	Koordinat normalt på vindretning	m
$x_y$	XVIRY	} Avstand til virtuell punktkilde	m
$x_z$	ZVIRZ		
z	HEIGHT	Vertikalkoordinat	m
$\sigma_y$ , $\Sigma_y$	SIGY	} Spredningsparametre	m
$\sigma_z$ , $\Sigma_z$	SIGZ		
$\partial\theta/\partial z$	POTEMP	Potensiell temperatur- differens	$^{\circ}\text{C}/\text{m}$ $^{\circ}\text{K}/\text{m}$

